



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 60 942 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 01 B 25/10**  
F 01 L 3/20

②① Aktenzeichen: 101 60 942.6  
②② Anmeldetag: 12. 12. 2001  
④③ Offenlegungstag: 18. 6. 2003

DE 101 60 942 A 1

⑦① Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Hora, Pavel, Dipl.-Ing., 70806 Kornwestheim, DE;  
Meintschel, Jens, Dipl.-Ing., 73730 Esslingen, DE;  
Schlegl, Martin, Dr., 73635 Rudersberg, DE; Stolk,  
Thomas, Dipl.-Ing., 73230 Kirchheim, DE;  
Thiemann, Karl-Heinz, Dipl.-Ing., 71404 Korb, DE;  
Gaisberg, Alexander von, Dipl.-Ing., 70736  
Fellbach, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

⑤④ Gebautes Ventil für Hubkolbenmaschinen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein gebautes Ventil für Hubkolbenmaschinen, bei dem der Ventilschaft zug- und druckfest mit dem Ventilteller verbunden ist. Der Ventilteller weist im Bereich einer durchgehenden Mittenöffnung eine ringförmige Anlagefläche für einen schaftseitigen Brund auf. Außerdem erweitert sich die Mittenöffnung auf der Brennraumseite des Ventiltellers, wobei das tellerseitige Ende des Ventilschaftes in einer diese Erweiterung formschlüssig ausfüllenden Weise plastisch aufgeweitet ist. Um die Verbindung zwischen Ventilteller und Ventilschaft in ihrer Dauerhaltbarkeit zu erhöhen, ist die brennraumseitige Erweiterung der Mittenöffnung und demgemäß auch die formangepaßte, endseitige Aufweitung des Ventilschaftes erfindungsgemäß unrund ausgebildet, so daß dadurch eine formschlüssige Verdrehsicherung zwischen dem Ventilschaft und dem Ventilteller zustandekommt.

DE 101 60 942 A 1

[0001] Die Erfindung geht aus von einem gebauten Ventil für Hubkolbenmaschinen nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, wie es beispielsweise aus der US-PS 2 136 690 als bekannt hervorgeht.

[0002] Die US-PS 2 136 690 zeigt u. a. ein mehrteilig zusammengesetztes Vollschaftventil, bei dem der Ventilsitz mit einem verschleißfesten Werkstoff gepanzert ist. Die Panzerung besteht aus einer vorgefertigten, zentrisch ge-  
 5 lochten und am Außenrand konisch abgeschrägten Scheibe aus einem widerstandsfähigen und gut wärmeleitenden Verbundwerkstoff, wobei diese Panzerungsscheibe bis zum Rand des Ventiltellers ragt und die tellerseitige Dichtfläche bildet. Der Verbundwerkstoff ist durch eine Matrix aus einem zähen und leitfähigen, vorzugsweise Kupfer enthalten-  
 10 den Metall gebildet, in die fein verteilt Partikel eines harten und widerstandsfähigen Werkstoffs wie z. B. Wolfram fest haftend eingelagert sind. Diese Hartpartikel sollen nicht nur die Matrix schützen, sondern auch eine Zerstörung der Ventil-Dichtflächen verhindern oder zumindest verzögern. Bei dem vorbekannten Ventil ist die der Panzerung dienende Scheibe gemeinsam mit einer brennraumseitig aufgelegten Stützscheibe aus herkömmlichen Ventilwerkstoff an das tel-  
 15 lerseitige Ende des Ventilschaftes angeietet, wobei der Schaftwerkstoff als Niet dient. Der Ventilteller ist hier also für sich mehrteilig, nämlich aus zwei Scheiben ausgebildet. Zur verkantungssicheren, axialen Abstützung des aus Panzerungsscheibe und Stützscheibe bestehenden Ventiltellers ist am Ventilschaft eine relativ breite Schulter angeschmie-  
 20 det. Das tellerseitige Ende des Ventilschaftes ragt mit einem als Nietschaft dienenden Zapfen durch die zentrische Öffnung der beiden Scheiben hindurch, wobei das äußerste Ende dieses Zapfens zu einem in einer Ansenkung der Stützscheibenöffnung sich erstreckenden Nietsenkkopf umgeformt ist. Zwar ist der Ventilteller in beiden Wirkrichtungen der Axialkraft - Druck und Zug - formschlüssig mit dem Ventilschaft verbunden. Nachteilig an dem vorbekannten Ventil ist jedoch, daß zur kippssicheren Führung des Schei-  
 25 benverbundes des mehrteiligen Ventiltellers an den Ventilschaft eine radial relativ breite Schulter angeformt werden muß, deren radiale Breite bei dem im Stand der Technik dargestellten Ausführungsbeispiel etwa ein Drittel des Schaftdurchmessers entspricht. Die angestauchte Schulter übernimmt nicht nur die Funktion einer verkantungssicheren, axialen Abstützung des mehrlagigen Ventiltellers, sondern aufgrund des fließenden Überganges vom Schaftquerschnitt auf den Schulterumfang auch die Funktion eines Strömungsleitkörpers auf der umströmten Oberseite des Ventiltellers. Nachteilig ist ferner, daß es aufgrund der hochfrequenten Stoßbelastungen zu mikrofeinen Relativverschiebungen zwischen den verbundenen Teilen in Drehrichtung kommen kann, was an den Kontaktflächen zu Verschleiß und somit zu einer Lockerung der Verbindung führen kann.

[0003] In der älteren Patentanmeldung der Anmelderin gemäß der nicht vorveröffentlichten DE 100 29 299 A1 werden nicht nur verschiedene bauliche Gestaltungen von gebauten Ventilen der hier angesprochenen Art beschrieben, sondern diese Schrift geht auch auf die Herstellungsverfahren der vorgestellten Ventilbauarten ein. Allerdings sind die daraus bekannten Ventile herstellungsbedingt alle mit einem Hohl-schaft versehen, was bei der vorliegenden Erfindung zwar vorteilhaft, aber keineswegs eine zwingende Voraus-  
 30 setzung ist. Vorteilhaft an dem bekannten Ventil ist das geringe Gewicht und/ oder die hohe Lebensdauer des Ventils, welche dadurch bedingt sind, daß thermisch und/ oder tribologisch hoch belastbare Leichtbauwerkstoffe, insbesondere Keramik oder Titanaluminid, für den Ventilteller verwendet

werden können. Nachteilig an dem bekannten Ventil ist jedoch, daß aufgrund möglicher Unterschiede der Temperaturausdehnungskoeffizienten, die je nach Werkstoffpaarung u. U. erheblich sein können, es bei Betriebstemperatur des gebauten Ventils zu einem Nachlassen der Vorspannung in der Verbindung zwischen Schaft und Teller kommen kann. Dies könnte unter den im Betrieb auftretenden Beanspruchungen ebenfalls zu einer Relativverschiebung der Kontaktflächen, infolge dessen zu einem Kontaktverschleiß und zu einer Lockerung der Verbindung führen.

[0004] Der Vollständigkeit halber sei auch noch auf die EP 296 619 A1 verwiesen, die ebenfalls ein gebautes Ventil zeigt, dessen bauliche Komponenten aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen. Der rohrförmige Ventilschaft besteht vorzugsweise aus Chrom-Molybdän-Stahl. Der Ventilteller, der bevorzugt aus der intermetallischen Phase Titanaluminid bestehen soll, kann durch Präzisionsgießen hergestellt werden. Der fertige Ventilteller ist oberseitig mit einer Sacklochbohrung zur Aufnahme des tellerseitigen Schaftendes versehen. Durch Aufschrupfen, kalt Einpressen, Löten oder durch eine Kombinationen dieser Verbindungstechniken kann der Ventilschaft in der Sacklochbohrung befestigt sein. In einem dort zeichnerisch dargestellten Fall ist die Leibung der Sacklochbohrung außerdem axial gewellt ausgebildet, wobei die endseitige Wandung des Schaftrohres unter dem Einfluß von Druck und örtlicher Erwärmung aufgeweitet werden und sich dabei formschlüssig in die bohrungsseitigen Wellen einlegen soll. Bei dem gebauten Hohl-schaftventil nach der EP 296 619 A1 muß allerdings ange-  
 35 zweifelt werden, daß die Verbindung zwischen Ventilschaft und Ventilteller unter den sowohl in thermischer als auch in mechanischer Hinsicht erheblichen statischen und dynamischen Belastungen ausreichend haltbar ist.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, das gattungsgemäß zugrundegelegte Ventil dahingehend zu verbessern, daß die Verbindung zwischen Ventilteller und Ventilschaft in ihrer Dauerhaltbarkeit erhöht wird.

[0006] Diese Aufgabe wird bei Zugrundelegung des gattungsgemäßen Ventils erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

[0007] Aufgrund der verdrehgesicherten Ausgestaltung der Verbindung zwischen Ventilteller und Ventilschaft ist eine Relativbewegung der verbundenen Teile wirksam verhindert. Kriechbewegungen und dadurch bedingter Verschleiß in der Fügestelle werden somit vermieden. Auf-  
 40 grund dessen vermag die Fügestelle die im Motorbetrieb dauerhaft auftretenden thermischen und mechanischen Belastungen besser zu ertragen.

[0008] Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfindung anhand verschiedener, in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele nachfolgend noch erläutert; dabei zeigen:

[0009] Fig. 1 eine perspektivische Einzeldarstellung eines Ventiltellers mit Sicht auf dessen Brennraumseite und die un-  
 45 unrunde Erweiterung der Mittenöffnung,

[0010] Fig. 2 ein fertig montiertes Ventil unter Verwendung eines Ventiltellers nach Fig. 1,

[0011] Fig. 3 und 4 zwei weitere Ausführungsbeispiele von Ventiltellern bzw. von unrunder Erweiterungen der Mit-  
 50 tenöffnung, und

[0012] Fig. 5 ein in zwei unterschiedlichen Varianten angedeutetes, weiteres Ausführungsbeispiel eines gebauten Ventils mit Hohl-schaft und gesonderter Dehnstrecke in der Verbindung zwischen Ventilteller und Schaft.

[0013] Die nachfolgend im Zusammenhang mit verschiedenen Ausführungsbeispielen zunächst gemeinsam erläuterte Erfindung geht aus von einem gebauten Ventil 1, 1', 1''

für Hubkolbenmaschinen, welches aus einem Ventilschaft 2, 2', 2" und aus einem baulich gesonderten Ventilteller 3, 3', 3", 3" besteht, der sowohl in Druck- als auch in Zugrichtung formschlüssig mit dem Ventilschaft 2 verbunden ist. Zu diesem Zweck ist der monolithische Ventilteller 3, 3', 3", 3" mit einer durchgehenden Mittenöffnung 4, 4' zur Aufnahme des tellerseitigen Endes des Ventilschaftes versehen, deren auf der Brennraumseite 10 des Ventiltellers 3 liegender Rand konisch erweitert ist und so eine Erweiterung 6, 6', 6" bildet. Der Ventilschaft 2 seinerseits weist am Außenumfang einen die Einstecktiefe des Ventilschaftes in die Mittenöffnung begrenzenden, achsenrechten Bund 7, 7' auf, wogegen im Bereich der Mittenöffnung 4 des Ventiltellers 3 eine ringförmige Anlagefläche 5, 5' zur Anlage des schaftseitigen Bundes 7 vorgesehen ist. Das brennraumseitige oder tellerseitige Ende 13, 13' des Ventilschaftes ist – nach dem Zusammenstecken von Teller und Schaft – im Bereich der brennraumseitigen Erweiterung 6 der Mittenöffnung in einer diese formschlüssig ausfüllenden Weise plastisch aufgeweitet, so daß eine Anstauchung 8, 8' entsteht, die gemeinsam mit dem Paar von Anlageflächen eine in Zug- und Druckrichtung formschlüssige Verbindung zwischen Teller und Schaft bildet. Mit Rücksicht darauf, daß der Ventilteller auf seiner Oberseite strömungsgünstig gewölbt und somit mit einer gewissen Bauhöhe ausgestattet ist, so daß er die Funktion eines Strömungsleitkörpers übernehmen kann, braucht das Paar von axialen Anlageflächen 5 und 7 in Radialrichtung nur schmal zu sein. Eine kippsichere Führung des Ventiltellers gegenüber dem Ventilschaft kommt durch die Bauhöhe des Ventiltellers und die dementsprechend große Einstecktiefe des Schaftes im Ventilteller zustande.

[0014] Um die Verbindung zwischen Ventilteller und Ventilschaft in ihrer Dauerhaftbarkeit erhöhen zu können, ist die brennraumseitige Erweiterung 6, 6', 6", 6" der Mittenöffnung 4, 4' und demgemäß auch die formangepaßte, endseitige Aufweitung 8, 8' des Ventilschaftes 2, 2', 2" erfindungsgemäß von einer rotationssymmetrischen Form derart abweichend ausgebildet, daß dadurch eine formschlüssige Verdrehsicherung zwischen Ventilschaft 2, 2', 2" und monolithisch aus einem einzigen Teil bestehenden Ventilteller 3, 3', 3", 3" gebildet ist.

[0015] Durch die Verdrehsicherung zwischen Ventilteller und Ventilschaft ist eine Relativbewegung der verbundenen Teile während des Motorbetriebes wirksam verhindert und ein durch Kriechbewegungen bedingter Verschleiß in der Fügestelle somit vermieden. Aufgrund dessen vermag die Fügestelle die im Motorbetrieb dauerhaft auftretenden thermischen und mechanischen Belastungen besser zu ertragen. Die Verdrehsicherung kann ohne fertigungsmäßigen Mehraufwand hergestellt werden.

[0016] Bei dem in den Fig. 1 und 2 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die brennraumseitige Erweiterung 6 der Mittenöffnung 4 konisch nach Art eines Pyramidenstumpfes mit gerundeten Kanten zwischen den Flachseiten ausgebildet. Beim Ventilteller 3" nach Fig. 5 sei eine gleiche Form der Erweiterung 6 unterstellt, wie sie in Fig. 1 zu erkennen ist, allerdings unterscheidet sich der Ventilteller 3" nach Fig. 5 bezüglich anderer Merkmale von dem Ventilteller 3 nach den Fig. 1 und 2, worauf weiter unten näher eingegangen werden soll.

[0017] Bei dem Ventilteller 3' nach Fig. 3 ist die brennraumseitige Erweiterung 6' im wesentlichen auch konisch ausgebildet, und zwar ist einem koaxial zur Mittenöffnung liegenden Rundkonus ein stark oval ausgebildeter Konus überlagert, wobei die beiden sich überschneidenden Konusarten im Bereich der gegenseitigen Überschneidungen stark verrundet ineinander übergehen. Der in Fig. 4 gezeigte Ventilteller 3" weist lediglich eine stark oval ausgebildete, koni-

sche Erweiterung 6" auf.

[0018] Alle drei gezeigten Ausführungsbeispiele von Erweiterungen 6, 6', 6" sind zum einen stark unrund ausgebildet, lassen sich aber aufgrund sanfter Übergänge bzw. Abweichungen von einer Rotationsform durch eine plastisch in die Erweiterung eingeformte Anstauchung 8, 8' vollständig und formgetreu ausfüllen. Beide Charakterisierungen sind für einen wirksamen Formschluß gegen gegenseitiges Verdrehen wichtig. Die sanften Übergänge bzw. Abweichungen von einer Rotationsform sind auch im Hinblick auf eine Fertigung derartiger Erweiterungen 6, 6', 6" vorteilhaft, sei es, daß diese durch ein Formwerkzeug – Schmieden, Gießen, Formsintern – oder durch einen spangebenden Unrund-Drehvorgang hergestellt werden. Die Herstellung der genannten, unrunder Erweiterungen 6 erfordert keinen Mehraufwand im Vergleich zur Herstellung von rotationssymmetrischen Ansenkungen, insbesondere dann nicht, wenn die Erweiterungen durch ein den Ventilteller formendes Formwerkzeug erzeugt werden.

[0019] Das in den Fig. 1 und 2 gezeigte Ausführungsbeispiel eines Ventiles 1 weist einen massiven Ventilschaft 1 auf, bei dem der schaftseitige Bund 7 beispielsweise durch einen spangebenden Drehvorgang herausgearbeitet ist. Der Bund 7 ist radial relativ schmal und braucht lediglich die axiale Vorspannung der Verbindung aufzunehmen. Die radiale Breite b des schaftseitigen Bundes 7 bzw. der tellerseitigen Anlagefläche 5 entspricht maximal etwa 25%, vorzugsweise etwa 15 bis 20% des Schaftdurchmessers D. Die Verkantungssicherheit des Ventiltellers 3 gegenüber dem Schaft 2 ist durch die relativ große Bauhöhe des Tellers und die dementsprechend große Einstecktiefe des Schaftes darin gewährleistet. Die Einstecktiefe ist deutlich größer als der Durchmesser des Schaftes in diesem Bereich.

[0020] Auch ein massiver Ventilschaft, d. h. ein solcher mit Vollquerschnitt, kann unter Gewichtsaspekten durchaus in einem mehrteiligen Ventil in Frage kommen, und zwar dann, wenn für den Ventilteller ein Leichtbau-Werkstoff verwendet wird. Die Gewichtsersparnis gegenüber einem herkömmlichen Ventil liegt dann ausschließlich in dem geringeren Gewicht des Ventiltellers. In diesem Zusammenhang seien als in Frage kommende Tellerwerkstoffe folgende Materialien als Leichtbauwerkstoffe erwähnt:

- eine Keramik, insbesondere Siliziumcarbid (SiC),
- eine intermetallische Phase, insbesondere Titanaluminid,
- eine Titan/Aluminium-Legierung.

[0021] Über den Gewichtsvorteil hinaus besitzen diese Werkstoff auch hervorragende thermische und mechanische Eigenschaften, die sie als Ventil-Werkstoff besonders erstrebenswert machen. Ein verbreiteter Einsatz dieser Werkstoffe scheiterte aber bisher stets an einer unter Kostengesichtspunkten vertretbaren Verarbeitbarkeit und/oder an einer sicheren und dauerhaften Verbindungstechnik zwischen Schaft und Ventilteller.

[0022] Zur weiteren Gewichtsreduzierung des Ventils kann der aus einem Ventilstahl bestehende Schaft hohl ausgebildet sein, wie dies am Beispiel des Ventils 1' bzw. 1" gemäß Fig. 5 dargestellt ist. Die endseitigen Wandungen des Hohl Schaftes sind gasdicht verschlossen, was z. B. durch ein Rollfließverfahren auf hochrationelle Weise erfolgen kann. Ein solcher Hohl Schaft kann auch mit einem Kühlmittel, z. B. mit Natrium, partiell gefüllt werden, so daß das Niveau der Betriebstemperatur des Ventils abgesenkt werden kann. Nach dem Einstecken des tellerseitigen, zunächst noch nicht angestauchten Schaftendes 13 in die Mittenöffnung 4' bis zur gegenseitigen Berührung der ringförmigen Anlageflä-

chen 5' bzw. 7' wird das Überstehende Ende des Ventilschaftes in die unrunde Erweiterung 6 angestaucht, so daß eine senkkopf-förmige Anstauchung 8' entsteht. Dieses Anstauchen kann im Warmzustand, z. B. ebenfalls mittels des bereits erwähnten Rollfließverfahrens, durchgeführt werden. Auch dabei wird die brennraumseitige Erweiterung 6 der Mittenöffnung 4' formschlüssig durch die Anstauchung 8' ausgefüllt, so daß eine wirksame Verdrehssicherung zwischen Teller 3''' und Schaft 2' bzw. 2'' entsteht.

[0023] Einige der in Frage kommenden Leichtbauwerkstoffe, insbesondere Keramiken, unterscheiden sich gegenüber Stahl sehr deutlich in ihrem thermischen Dehnungsverhalten, d. h. sie dehnen sich bei Temperaturerhöhung wesentlich weniger als Stahl. Um auch bei einer solchen Werkstoffpaarung gleichwohl ein thermisch bedingtes Lockern der verbundenen Teile zu verhindern, ist bei dem in Fig. 5 dargestellten Ausführungsbeispiel der außenseitig am Ventilschaft 2', 2'' angebrachte, die Einstecktiefe begrenzende achsenkrechte Bund 7' durch eine aufgesteckte, paßgenaue Rohrmanschette 11 bestimmter Länge L gebildet. Die Rohrmanschette ist mit ihrem tellerfernen Ende in einer vorbestimmten Axialposition am Ventilschaft 2', 2'' unverrückbar festgesetzt. In der in Fig. 5 links gezeigten Variante stützt sich die Rohrmanschette an einem Bund 12' des Schaftes 2' ab, wogegen in der rechts dargestellten Variante das tellerferne Ende der Rohrmanschette mittels einer Ringschweißnaht 12 mit dem Schaft 2'' verbunden ist. Die dem Ventilteller 3''' zugewandte Stirnseite der Rohrmanschette 11 bildet in beiden Fällen den schaftseitigen Bund 7'. Aufgrund der einseitig tellerfernen Fixierung 12, 12' der Manschette 11 an dem Ventilschaftrohr kann sich der axial gegenüberliegende Bund 7' relativ zum Ventilschaftrohr im Rahmen der Werkstoff-Elastizität axial verlagern, wobei diese elastisch bedingte Verlagerungsstrecke um so größer ist, je größer die Länge L der Manschette ist.

[0024] Ferner ist bei dem in Fig. 5 gezeigten Ausführungsbeispiel die im Bereich der Mittenöffnung 4' des Ventiltellers 3''' angebrachte, zum schaftseitigen Bund 7' korrespondierende Anlagefläche 5' axial in das Innere der Mittenöffnung 4' verlagert. Dadurch ergibt sich eine deutlich geringere Klemmlänge L, als der axialen Höhe des Ventiltellers 3''' oder als der Länge L der Manschette 11 entspricht.

[0025] Nach dem strammen Aufstecken des Ventiltellers 3''' auf das Ende des Ventilschafts 2', 2'' wird die Anstauchung 8' in die Erweiterung 6 eingeformt und die formschlüssige Verbindung zwischen Schaft und Ventilteller hergestellt. Wichtig bei dem Fügevorgang von Teller und Schaft ist, daß im Falle der Ausbildung des Ventiltellers aus einem Werkstoff mit einem deutlich geringeren Temperaturausdehnungskoeffizienten als Stahl die Formschlußverbindung bei Raumtemperatur des fertigen Ventils unter einer möglichst hohen axialen Vorspannung steht. Nur aufgrund einer hohen axialen Vorspannung der Fügestelle und aufgrund der besonderen Ausgestaltung des elastisch verlagerten Bundes 7' mit Vorspannkraft-Reserve kann sichergestellt werden, daß auch bei Betriebstemperatur des Ventils der beispielsweise aus Keramik bestehende Ventilteller 3''' noch mit einer gewissen Rest-Vorspannung am Ventilschaft festgeklemmt bleibt. Je größer das Verhältnis von Manschettenlänge L zu Klemmlänge L ist, um so größer ist die Vorspannkraft-Reserve der Verbindung. Es kann daher durchaus zweckmäßig sein, die Manschette 11 über nahezu die gesamte Länge des Ventilschaftes zu erstrecken.

[0026] Um eine möglichst hohe axiale Vorspannung der Formschlußverbindung gewährleisten zu können, sollte die Manschette 11 und der Ventilteller während des Herstellens der Anstauchung 8' möglichst kalt und der innerhalb der Manschette steckende Teil des Ventilschaftsrohres möglichst

warm sein. Ein Temperatenausgleich zwischen den genannten Teilen sollte erst stattfinden können, nachdem die Anstauchung 8' erkaltet ist und sich nicht mehr plastisch verformen kann. Durch den verzögerten Ausgleich einer solchen erzwungenen Temperaturdifferenz baut sich eine axiale Vorspannung auf. Mit Rücksicht auf die hohen Betriebstemperaturen insbesondere von Auslaßventilen sollte die mit zunehmender Betriebstemperatur nachlassende Vorspannung bei Raumtemperatur so hoch wie möglich gewählt bzw. angestrebt werden. Optimaler Weise sollte die Füge-Vorspannung bei Raumtemperatur nahe bei der Elastizitätsgrenze des Stahlwerkstoffes liegen.

#### Patentansprüche

1. Gebautes Ventil für Hubkolbenmaschinen, bestehend aus einem Ventilschaft und aus einem baulich gesonderten, sowohl in Druck- als auch in Zugrichtung formschlüssig mit dem Ventilschaft verbundenen Ventilteller, wobei der Ventilteller mit einer durchgehenden, auf der Brennraumseite des Ventiltellers sich erweiternden Mittenöffnung zur Aufnahme des tellerseitigen Endes des Ventilschaftes versehen ist, der seinerseits am Außenumfang einen die Einstecktiefe des Ventilschaftes in die Mittenöffnung begrenzenden achsenkrechten Bund aufweist und wobei im Bereich der Mittenöffnung des Ventiltellers eine ringförmige Anlagefläche zur Anlage des schaftseitigen Bundes vorgesehen ist und wobei ferner das tellerseitige Ende des Ventilschaftes im Bereich der brennraumseitigen Erweiterung der Mittenöffnung in einer diese formschlüssig ausfüllenden Weise plastisch aufgeweitet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die brennraumseitige Erweiterung (6, 6', 6'', 6''') der Mittenöffnung (4, 4') und demgemäß auch die ihr formangepaßte, endseitige Aufweitung (8, 8') des Ventilschaftes (2, 2', 2'') von einer rotationssymmetrischen Form derart abweicht, daß dadurch eine formschlüssige Verdrehssicherung zwischen dem Ventilschaft (2, 2', 2'') und dem monolithisch aus einem einzigen Teil bestehenden Ventilteller (3, 3') gebildet ist.
2. Ventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die endseitige Wandung (13) des bis in den Bereich des Ventiltellers (3') hohl ausgebildeten aber gasdicht verschlossenen Ventilschaftes (2', 2'') in der Weise und so weit angestaucht (8') ist, daß die brennraumseitige Erweiterung (6) der Mittenöffnung (4') formschlüssig durch die Anstauchung (8') ausgefüllt ist.
3. Ventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der außenseitig am Ventilschaft (2', 2'') angebrachte, die Einstecktiefe begrenzende achsenkrechte Bund (7') durch eine aufgesteckte, paßgenaue Rohrmanschette (11) bestimmter Länge (L) gebildet ist, die ausschließlich an ihrem tellerfernen Ende in einer vorbestimmten Axialposition am Ventilschaft (2', 2'') unverrückbar festgesetzt ist.
4. Ventil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die im Bereich der Mittenöffnung (4') des Ventiltellers (3') angebrachte, ringförmige Anlagefläche (5') zur Anlage des schaftseitigen Bundes (7') axial in das Innere der Mittenöffnung (4') verlagert ist, derart, daß sich eine geringere Klemmlänge (1) als die axiale Höhe des Ventiltellers (3') ergibt.
5. Ventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilteller (3, 3') aus einem Leichtbauwerkstoff besteht.
6. Ventil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilteller (3, 3') aus einer Keramik, insbeson-

dere aus Siliziumcarbid (SiC), besteht.

7. Ventil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,  
daß der Ventilteller (3, 3') aus einer Titan/Aluminium-  
Legierung besteht.

8. Ventil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, 5  
daß der Ventilteller (3, 3') aus einer intermetallischen  
Phase, insbesondere aus Titanaluminid, besteht.

9. Ventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß die radiale Breite (b) des schaftseitigen Bundes (7,  
7') bzw. der tellerseitigen Anlagefläche (5, 5') maximal 10  
etwa 25%, vorzugsweise etwa 15 bis 20% des Schaft-  
durchmessers (D) entspricht.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

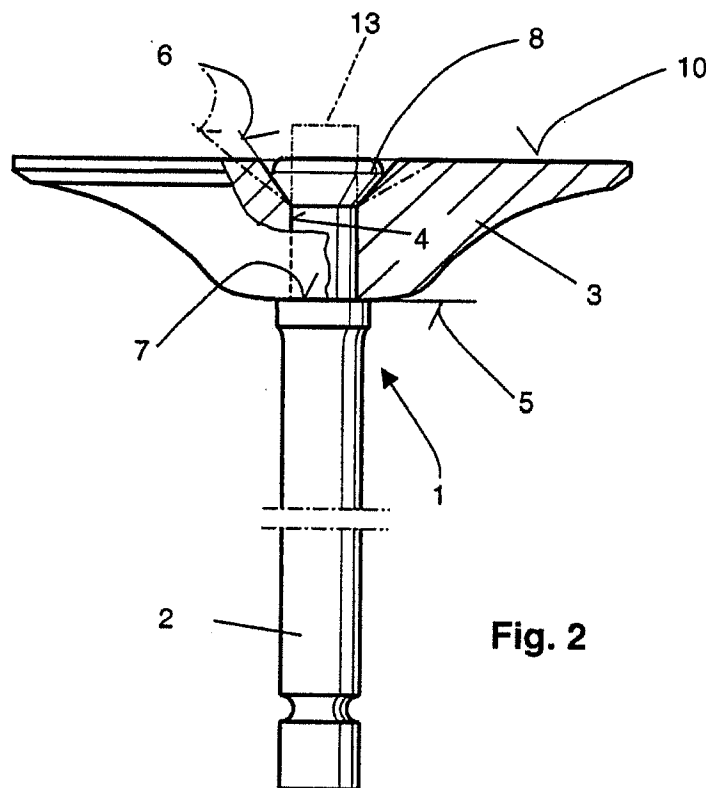
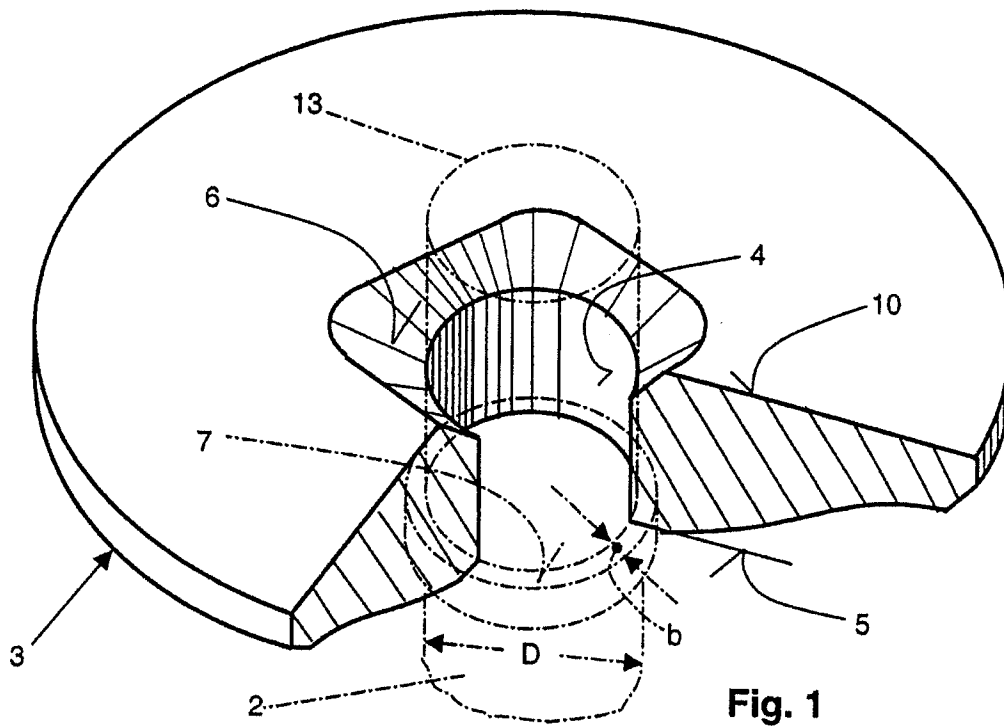
45

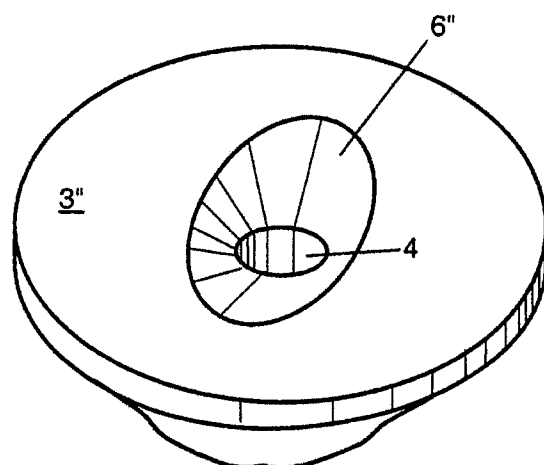
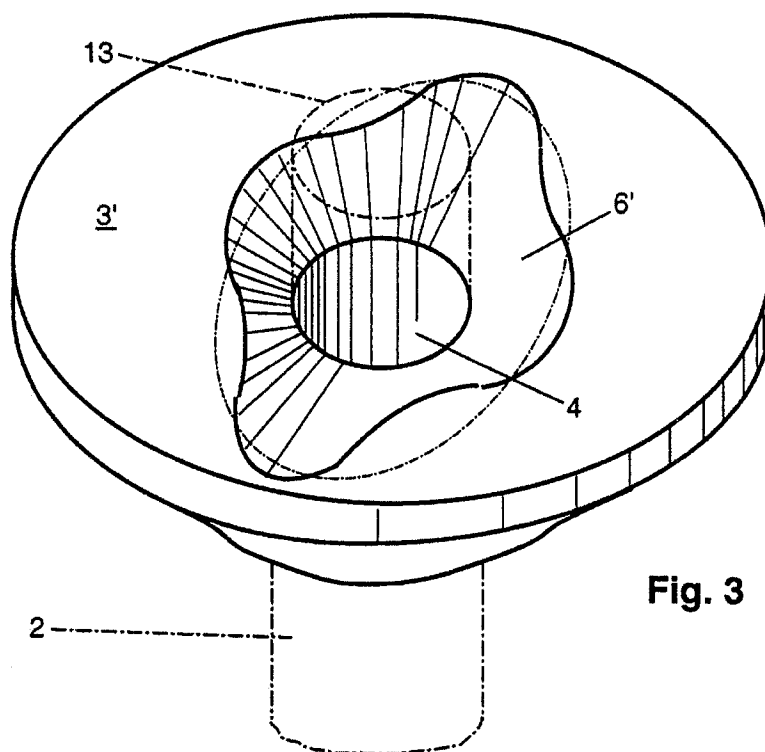
50

55

60

65





**Fig. 5**

